

PROJECTION ALIGNER

Patent Number: JP6045221
Publication date: 1994-02-18
Inventor(s): SHIRAISHI NAOMASA
Applicant(s):: NIKON CORP
Requested Patent: ☐ JP6045221
Application: JP19930031511 19930222
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L21/027 ; G03B27/32 ; G03F7/20
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To make a focus depth of a longitudinal pattern and that of a transverse pattern nearly the same and to increase the focus depths of both patterns simultaneously, in a modified light source method.

CONSTITUTION: A modified light source filter 8 is installed near an emission side face of a fly eye lens 7 of an illumination optical system and a shape of the deformation light source filter 8 is optimized according to an arrangement and a shape of lens elements 7a which constitute the fly eye lens 7. At that time, the number of secondary light sources effective for longitudinal patterns and the number of secondary light sources effective for transverse patterns should be the same.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Partial Translation

[0004]

Incidentally, it is more convenient if the pattern area on the reticle is rectangular in accordance with the shape of the semiconductor integrated circuit to be exposed, so the shape of an incident side surface of each lens element of a fly eye lens conjugate to this is also made to be rectangular. As a result, the shape of the emitting side surface of each lens element is also rectangular; therefore, with respect to the arrangement pitch of a fly eye lens, the pitch in a short side direction of the rectangular shape (lens element) naturally becomes different from the pitch in a long side direction of the rectangular shape. Because of this, with respect to a dispersed secondary light source image which is formed at the emitting surface (generally, this has an optical relationship of Fourier transform with respect to a pattern surface of a reticle) as well, the pitch of the long side direction of each lens element of a fly eye lens becomes different from the pitch of the short side direction. Therefore, when a conventional distortion light source filter (e.g., a filter having a cross-shaped shielding portion) is used for this type of dispersed secondary light source, depending on a shape of orientation of a secondary light source (lens element), there was a problem that a depth of focus differs greatly between two sets of cyclic patterns (hereafter referred to as "vertical direction pattern" and "horizontal direction pattern") arranged in two directions (vertical and horizontal directions) substantially perpendicular to each other on a reticle.

[0005]

This invention reflects on the above-mentioned problem. An object of this invention is to provide a projection exposure device, provided with a diaphragm (distortion light source filter)

with which projection exposure with high resolution and a large depth of focus are possible, and which can make the depth of focus substantially equal in a vertical direction pattern and a horizontal direction pattern, respectively.

[0012]

Fig. 2(B) shows a fly eye lens 7, particularly one example of a shape of an emitting side surface, suitable for performing uniform illumination of a reticle R, that is, a rectangular effective area PA shown in Fig. 2(A). Each lens element 7a has a rectangular shape that is substantially similar to the effective area PA. A dark round dot Li at the center of each element 7a shows an image (secondary light source) of a light source 1 which is formed by each element. The incident side surface of the fly eye lens 7 has the same shape as the emitting side surface; however, an irradiation distribution at the incident side surface is substantially the same, and the illumination light beams which exit from the elements 7a and overlap at the effective area PA make uniform the irradiation on a pattern surface. There is an imaging relationship between an incident side surface of the fly eye lens 7 and a reticle pattern surface; therefore, when the shape of each lens element 7a is similar to the shape of the effective area PA, the fly eye lens 7 can illuminate the reticle R most effectively in terms of light amount.

[0024]

Thus, in this embodiment, it is acceptable that the difference between an X coordinate (absolute value) and a Y coordinate (absolute value) of a light amount centroid of each light transparent portion is zero or within approximately 10% of the absolute value of the X coordinate (or Y coordinate) as shown in the above-mentioned example. Because of this, in this embodiment as well, deterioration of irradiation uniformity and loss of illumination light amount can be prevented, and depth of focus can be increased substantially uniformly with respect to the

X direction pattern and the Y direction pattern, respectively. Here, the description is given with the distortion light source filter of the first embodiment shown in Fig. 3 used as-is; therefore, there are the same number of effective secondary light sources in the vertical direction pattern and the horizontal direction pattern, respectively. However, in this embodiment, it is acceptable that there are not the same number of effective secondary light sources in the vertical direction pattern and the horizontal direction pattern. In short, it is acceptable that the above-mentioned difference is zero or within approximately 10%.

≈ 5335044

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-45221

(43) 公開日 平成6年(1994)2月18日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 B 27/32		F 9017-2K		
G 0 3 F 7/20	5 2 1	9122-2H		
		7352-4M		
			H 0 1 L 21/30	3 1 1 L

審査請求 未請求 請求項の数5(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平5-31511

(22) 出願日 平成5年(1993)2月22日

(31) 優先権主張番号 特願平4-132996

(32) 優先日 平4(1992)5月26日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 白石 直正

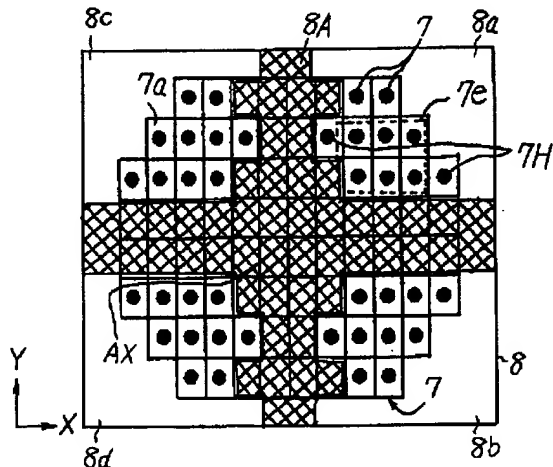
東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

(54) 【発明の名称】 投影露光装置

(57) 【要約】

【目的】 変形光源法において縦方向パターンと横方向パターンの両方の焦点深度をほぼ等しく、かつ共に増大する。

【構成】 照明光学系内のフライアイレンズ7の射出側面近傍に変形光源フィルター8を設けるとともに、変形光源フィルター8の形状をフライアイレンズ7を構成するレンズエレメント7aの配列、形状に応じて最適化する。このとき、縦方向パターンと横方向パターンとの各々に有効な2次光源の数を両者で同数とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの照明光をほぼ均一な強度分布に成形して、互いに直交する方向に配列された第1の周期性パターンと第2の周期性パターンとを有するマスクに照射する照明光学系と、前記マスクのパターンの像を感光基板上に結像投影する投影光学系とを備えた投影露光装置において、

前記照明光学系中の前記マスクのパターン面に対するフーリエ変換面、もしくはその近傍面に複数の光源像を形成するフライアイ型インテグレータと；前記複数の光源像による光量分布が前記照明光学系の光軸から偏心した複数の局所領域の各々で極大となり、かつ該局所領域内で前記第1の周期性パターンの焦点深度に寄与する光源像と前記第2の周期性パターンの焦点深度に寄与する光源像とが同数となるように、前記複数の光源像を部分的に遮光、又は減光する絞り部材とを備えたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 前記絞り部材は、前記第1の周期性パターンの焦点深度に寄与する光源像の数とあまり寄与しない光源像の数との比と、前記第2の周期性パターンの焦点深度に寄与する光源像の数とあまり寄与しない光源像の数との比とをほぼ等しくするように、前記複数の光源像を部分的に遮光、又は減光することを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項3】 光源からの照明光をほぼ均一な強度分布に成形して、互いに直交する方向に配列された第1の周期性パターンと第2の周期性パターンとを有するマスクに照射する照明光学系と、前記マスクのパターンの像を感光基板上に結像投影する投影光学系とを備えた投影露光装置において、

前記照明光学系中の前記マスクのパターン面に対するフーリエ変換面、もしくはその近傍面に複数の光源像を形成するフライアイ型インテグレータと；前記複数の光源像による光量分布が前記照明光学系の光軸から偏心した複数の局所領域の各々で極大となり、かつ前記フーリエ変換面内で前記照明光学系の光軸を座標原点とした直交座標系XYを規定したとき、前記局所領域内の光量分布の重心の前記直交座標系XY上における座標位置の絶対値がX方向とY方向とでほぼ等しくなるように、前記複数の光源像を部分的に遮光、又は減光する絞り部材とを備えたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項4】 前記絞り部材は、前記局所領域内の光量分布の重心が前記照明光学系の光軸からほぼ等距離となる4つの光透過部を有し、該透過部は前記フライアイ型インテグレータを構成する複数の光学エレメントの配列に倣ってその形状が定められることを特徴とする請求項1、2、3に記載の投影露光装置。

【請求項5】 前記絞り部材は、前記フライアイ型インテグレータの入射側面近傍、又は前記射出側焦点面、もしくはその共役面に配置されることを特徴とする請求項

4に記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体集積回路や液晶デバイス等の微細パターンの形成に使用される投影露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】最近では、投影光学系の解像度や焦点深度を改善するための変形光源技術が注目されている。これは、例えば特開平4-101148号公報に開示されているように、フライアイ型インテグレータ（フライアイレンズ）の射出側焦点面、またはそれと等価なレチクルパターンに対する光学的なフーリエ変換面、もしくはそれらの近傍面に、照明光学系の光軸近傍の照明光を遮光し、かつ光透過部を特定の部分領域のみに制限するような絞り（以下、簡単に変形光源フィルターと称す）を配置するものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記の如き変形光源技術においては、光透過部の照明光学系の光軸からの距離や方向性については検討されているが、フライアイレンズが形成する離散的な2次光源像に対する遮光板（フィルター）の最適形状については全く検討されていなかった。フライアイレンズはレチクル面上での照度均一化のために用いられるものであり、数十個の同一形状の単レンズエレメントを照明光学系の光軸と垂直な面内に並べたレンズ群である。さらに、各レンズエレメントの入射側面はレチクルのパターン面と共役（結像関係）となっており、パターン面には各レンズエレメントからの照明光束が重畳して入射し、その平均化により良好な照度均一性が得られるようになっている。

【0004】ところで、レチクル上のパターンエリアは、露光すべき半導体集積回路の形状に合わせて長方形である方が都合が良いため、これと共役であるフライアイレンズの各レンズエレメントの入射側面の形状も長方形とされる。この結果、各レンズエレメントの射出側面の形状も長方形となり、従ってフライアイレンズの配列ピッチは長方形（レンズエレメント）の短辺方向と長辺方向とでは必然的に異なってしまう。このため、フライアイレンズの射出面（一般に、レチクルのパターン面に対して光学的にフーリエ変換の関係になっている）に形成される離散的な2次光源像も、フライアイレンズの各レンズエレメントの長辺方向と短辺方向とでピッチが異なることになる。従って、このような離散的な2次光源に対して従来の変形光源フィルター（例えば十字状の遮光部を有するフィルター）を使用した場合、2次光源（レンズエレメント）の配列の形状によっては、レチクル上で互いにほぼ直交する2方向（縦方向と横方向）の各々に配列された2組の周期性パターン（以下、縦方向パターン、横方向パターンと称す）でその焦点深度が大

きく異なってしまうという問題があった。

【0005】本発明は以上の問題を鑑みてなされたものであり、高解像度、かつ大焦点深度の投影露光が可能で、しかも縦方向パターンと横方向パターンとの各々の焦点深度をほぼ等しくできる絞り（変形光源フィルター）を備えた投影露光装置を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】かかる問題点を解決するため本発明においては、照明光学系中のマスク（R）の10 パターン面に対するフーリエ変換面、もしくはその近傍面に複数の光源像（L1）を2次的に形成するフライアイ型インテグレータ（7）と、複数の光源像による光量分布が照明光学系の光軸（AX）から偏心した複数の局所領域（光透過部8a～8d）の各々で極大となり、かつ各局所領域内で第1の周期性パターン（14V）の焦点深度に寄与する光源像と第2の周期性パターン（14H）の焦点深度に寄与する光源像とが同数となるように、複数の光源像を部分的に遮光、又は減光する絞り部材（遮光部8A、又は8B）とを設けるようにした。

【0007】また、照明光学系中のマスク（R）のパターン面に対するフーリエ変換面、もしくはその近傍に複数の光源像（L1）を2次的に形成するフライアイ型インテグレータ（7）と、複数の光源像による光量分布が照明光学系の光軸（AX）から偏心した複数の局所領域（光透過部8a～8d）の各々で極大となり、かつフーリエ変換面内で照明光学系の光軸（AX）を座標原点とした直交座標系XYを規定したとき、各局所領域内の光量分布の重心の直交座標系XY上における座標位置の絶対値がX方向とY方向とでほぼ等しくなるように、複数の光源像を部分的に遮光、又は減光する絞り部材（遮光部8C）とを設けるようにした。

【0008】

【作用】本発明では、フライアイ型インテグレータ（フライアイレンズ）の射出側焦点面（マスクのパターン面の光学的フーリエ変換面）内に形成される複数の光源像は、その位置に応じて特定方向、及び特定ピッチのマスクパターンの焦点深度を増大する効果があることに着目し、特にマスクパターン中の縦方向パターンと横方向パターンとの各々に対する焦点深度を共に増大する光源像を選択的に利用することとした。このため、縦方向パターンと横方向パターンの各々について良好な焦点深度を得ることができる。具体的には、絞り部材の1つの光透過部（局所領域）に着目すると、縦方向パターンと横方向パターンのいずれか一方に対して焦点深度を拡大する上で特に有効な光源像とあまり有効ではない光源像との割合（個数の比）と、もう一方のパターンに対して特に有効な光源像とあまり有効ではない光源像との割合とをほぼ等しくする。換言すれば、縦方向パターンと横方向パターンの両方に焦点深度を拡大する上で有効な光源

像、及び縦方向パターン、又は横方向パターンのみに焦点深度を拡大する上で有効な光源像を縦方向パターンと横方向パターンとで同数として使用することとした。あるいは、1つの光透過部内の光量分布の重心の座標位置の絶対値がX方向とY方向とでほぼ等しくなるように、縦方向パターンと横方向パターンの両方に焦点深度を拡大する上で有効な光源像、及び光透過部内で両パターンに有効な光源像以外の少なくとも1つの光源像を選択して使用することとした。このため、絞り部材による光量損失、及びレチクル（又はウエハ）上での照度均一性の低下を最小限に抑えつつ、縦方向パターンと横方向パターンとの各々に対する焦点深度をほぼ等しく、かつ共に増大することが可能となる。

【0009】

【実施例】図1は本発明の実施例による投影露光装置の概略的な構成を示し、水銀灯等の光源1より放射される照明光束3は楕円鏡2で反射、焦点され、折り曲げミラー5を介してインプットレンズ系4、6によりほぼ平行光束となってフライアイレンズ7に入射する。ここで、フライアイレンズ7を構成する複数のレンズエレメント7aの各入射側面はレチクルRのパターン面とほぼ共役（結像関係）となっている。また、各レンズエレメント7aの射出側面には光源1の像（2次光源）が形成されるとともに、フライアイレンズ7の射出側面はレチクルRのパターン面に対して光学的にフーリエ変換の関係となっている。本実施例では、フライアイレンズ7の射出面近傍に変形光源フィルター（本発明の絞り部材）8を設けるものとする。変形光源フィルター8は4つの光透過部8a～8d（ここでは8a、8bのみ図示）を有するが、その具体的な形状については後述する。尚、フライアイレンズ7は各レンズエレメント7aの射出面から光軸AX方向に所定距離だけ離れた面内に光源1の像を形成するものでも良い。このとき、変形光源フィルター8は上記面（フライアイレンズ7の射出側焦点面）に配置される。ところで、変形光源フィルター8は他の形状のフィルター、例えば輪帯絞り、あるいは通常形状（円形、又は矩形状）の開口絞り9とともに保持部材（例えばターレット板、スライダ等）10に一体に固定されており、駆動系10aによって交換可能に照明光路中に配置される。

【0010】さて、変形光源フィルター8（光透過部）を透過した照明光束13は、コンデンサーレンズ群11、及びミラー12を介してレチクルRのパターン14を照明する。パターン14を透過、回折した光は投影光学系15により集光結像され、ウエハ16上にパターン14の像を形成する。ウエハ16は、モータ18により2次元移動可能なステージ17に載置されている。ところで、図1において照明光束13のレチクルパターン14への入射角 θ は、変形光源フィルター8の形状（光透過部、すなわち2次光源の各位置）に応じて決まる。主

制御系20は、レチクルの種類やそのパターンの微細度（線幅、ピッチ）、周期方向等に基づいて、レチクルパターン14に最も見合った（最適な）フィルターを、駆動系10aを介して照明光路中に配置（設定）する他、装置全体を統括制御する。

【0011】図2（A）はレチクルRの概略構成を示しており、レチクルR中の有効エリア（パターンエリア）PAは半導体集積回路の形状に合わせて長方形となっている。ここではレチクルパターン14として、縦方向パターン（X方向に配列された周期性パターン）14Vと横方向パターン（Y方向に配列された周期性パターン）14Hを含むものとした。

【0012】図2（B）は図2（A）に示したレチクルR、すなわち長方形の有効エリアPAに対して均一な照明を行うのに好適なフライアイレンズ7、特に射出側面の形状の一例を示しており、各レンズエレメント7aは有効エリアPAにほぼ相似なる長方形となっている。各エレメント7aの中央部の黒丸L1は、各エレメントにより形成される光源1の像（2次光源）を示している。フライアイレンズ7の入射側面も射出側面と同一形状であるが、入射側面での照度分布はほぼ一様であり、さらに各エレメント7aを射出した照明光束が有効エリアPAに重畳されてパターン面上での照度を均一化する。フライアイレンズ7の入射側面とレチクルパターン面とは結像関係になっているので、フライアイレンズ7は各レンズエレメント7aの形状が有効エリアPAの形状と相似となっている場合に、光量的に最も効率良くレチクルRを照明することができる。

【0013】さて、図2（B）の如き離散的な2次光源分布のうち、照明光学系の光軸AX近傍の光源L1は、投影光学系の解像度や焦点深度の点から好ましい光源ではない。一方、光軸AXから遠い光源L1についても、特定方向のパターンに対しては焦点深度の点で好ましくない。このことについては、1992年SPIE Optical/Laser Microlithography V Vol.1674-63 "New Imaging Technique for 64M DRAM"等で報告されている。例えば、図2（A）中の縦方向パターン14Vに対しては、図6（A）中に示す2つの領域（斜線部）LV内の2次光源（黒丸）が焦点深度の点で特に有効である。一方、横方向パターン14Hに対しては、図6（B）中に示す2つの領域（斜線部）LH内の2次光源（黒丸）が焦点深度の点で特に有効である。尚、領域LV、LHは共に各パターンのピッチによってその位置が異なるものである。また、図6（A）、（B）は共にフライアイレンズの射出側面を表しており、図2（B）のフライアイレンズと形状、配列（エレメントの数等）は異なっているが、その方向性（紙面内の回転）は同一となっているものとする。これは後述する図3、図4、図5のフライアイレンズについても同様である。

【0014】実際のレチクルパターンでは縦方向パター

ンと横方向パターンとを多く含むので、2次光源としても縦方向と横方向との両方に好都合な領域を選択する。すなわち、領域LVとLHとの共通領域を選択すれば良いことになる。但し、上記手法により2次光源を選択すると、2次光源の数（有効なレンズエレメントの数）が減少し、従って照明光量の大幅な低下やレチクル面上での照度均一性の劣化を招くことになる。

【0015】図3は本発明の第1実施例による変形光源フィルター8の具体的な構成を示し、図中の斜線部8Aは遮光部を表している。図3では、縦方向パターンと横方向パターンとの両方に有効な2次光源部（図6中の領域LVとLHとの重なり部分に相当）を全て光透過部とし、かつ縦方向パターンと横方向パターンとのいずれか一方に対してのみ特に有効な数個の2次光源（レンズエレメント）についても光透過部としたものである。

【0016】図3において1つの光透過部8aに着目すると、破線7e内の6個の2次光源は縦方向パターンと横方向パターンとの両方に有効な光源である。また、2個の2次光源7Vは焦点深度の点で縦方向パターン14Vのみに有効であり、さらに2個の2次光源7Hは焦点深度の点で横方向パターン14Hのみに有効な光源である。このことは、他の3つの光透過部8b、8c、8dについても全く同様である。

【0017】従って縦方向パターンについてみると、焦点深度の上で有効な2次光源は $(6+2) \times 4 = 32$ 個、あまり有効でない2次光源（7H）は $2 \times 4 = 8$ 個となっている。一方、横方向パターンについてみると、焦点深度の上で有効な2次光源は $(6+2) \times 4 = 32$ 個、あまり有効でない2次光源（7V）は $2 \times 4 = 8$ 個となっている。すなわち焦点深度の上で有効な2次光源の数とあまり有効でない2次光源の数との比が、縦方向パターンと横方向パターンとで等しくなっている。以上のことから、図3に示す如き変形光源フィルターを用いることにより、照明光量の損失や照度均一性の低下を防ぎつつ、縦方向パターンと横方向パターンとの各々の焦点深度をほぼ等しく、かつ共に十分大きくなる変形光源を実現することができる。

【0018】尚、本実施例による変形光源フィルターは、簡単に言えば縦方向パターンと横方向パターンとのいずれか一方のみに有効な2次光源の数を両方で同数とすれば良い。このとき、例えば縦方向パターンのみに有効な2次光源（換言すれば横方向パターンに対してあまり有効ではない2次光源）は、光軸AXに関して紙面内左右方向で同数（本実施例では4個ずつ）にすると良い。このことは、横方向パターンについても同様である。

【0019】さて、図3に示した変形光源フィルター（遮光部8A）の形状は、フライアイレンズ7の各レンズエレメント7aの配列（形状）に倣うようにした。換言すれば、遮光部8Aと光透過部との境界部（エッジ

7

部)がエレメント間の境界線にほぼ沿うようにした。すなわち、変形光源フィルター(遮光部)のエッジ部が離散的な2次光源の各々と一致しないようにしてある。これは、図1に示したフィルターの交換機構を設けた装置において、フィルターの交換に伴うその設定位置ずれによる照明特性の変化(照明光量の変動等)を避けるためである。このため、本実施例(図3)では遮光部8Aの縦方向と横方向の各幅を共に、レンズエレメント7aの幅の約2倍とした。ここでは縦、横方向共に2個ずつ2次光源(レンズエレメント)を遮光したので、その遮光幅を2倍に定めたが、一般には遮光すべきレンズエレメントの幅のn倍(nは整数)とすれば良い。

【0020】ところで、実際に投影露光装置で使用されるレチクル(実レチクル)では、X方向パターンとY方向パターンとが共に、特定のピッチだけのパターンのみから成るわけではなく、ある程度ピッチが粗いパターン、あるいは細かいピッチのパターンも混在する。このような実レチクルに対して、前述の如く横方向パターンと縦方向パターンとに夫々好適な2次光源の形状(光源像の数や位置)を厳密に規定することは難しい。なぜならば、実レチクルでは互いにピッチが異なる複数のパターンの各々でその最適な2次光源の形状が異なるためである。

【0021】そこで、前述の実施例では縦方向パターンと横方向パターンとの各々に有効な2次光源の数を揃える(同数とする)方法について述べたが、本発明の第2実施例として実レチクル上のX方向パターンとY方向パターンとの各々に対する焦点深度の増大効果への寄与が全ての2次光源で平均して等しくなるようにする方法について説明する。尚、本実施例でも図3に示した変形光源フィルター(遮光部8A)を前提として説明を行うものとする。

【0022】さて、本実施例では図3中で光軸AXを座標原点とした直交座標系XYを規定し、図3中の全てのレンズエレメントのうち、光透過部8a内のレンズエレメントのみに着目する。また、各レンズエレメントの大きさは横(X)方向:6、縦(Y)方向:8(但し、単位は任意)であるものとする。このとき、10個の2次光源の各々の直交座標系XY上での座標位置は、

$X=9, 15, 21, 27, 33$

$Y=12, 20, 28$

の組み合わせとなる。例えば2個の2次光源7Hの各座標位置は、(9, 20)、(33, 12)として表される。

【0023】そこで、光透過部8a内の10個の2次光源(光量分布)の重心を求めると、その座標位置は(20.4, 18.4)となる。すなわち10個の2次光源は全体として(光量重心として)、X方向パターンとY方向パターンとの各々に対してほぼ均等に焦点深度を増大することができることになる。ここでは光透過部8a

8

のみについて説明したが、残りの3つの光透過部8b、8c、8dでも全く同様である。

【0024】以上のように本実施例では、各光透過部の光量重心のX座標(絶対値)とY座標(絶対値)との差が零、ないし上記例のようにX座標(又はY座標)の絶対値の一割程度以内であれば良い。これにより、本実施例でも照明光量の損失や照度均一性の低下を防ぎつつ、X方向パターンとY方向パターンとの各々に対してほぼ均等に、かつ焦点深度を増大することが可能となる。ここでは図3に示した第1実施例の変形光源フィルターをそのまま用いて説明を行ったため、縦方向パターンと横方向パターンとの各々に有効な2次光源は同数となっている。しかしながら、本実施例では縦方向パターンと横方向パターンとに有効な2次光源が同数でなくても良く、要は上記差が零、ないし一割程度の差以内となっていれば良い。

【0025】ところで、レチクル上の縦方向パターンと横方向パターンとがより微細化すると、2次光源中の焦点深度増大に有効な領域(光透過部の光量分布の重心位置)は図6(A)、(B)に示した領域LV、LHよりも外側(光軸AXから離れる方向)へシフトすることになる。このような場合には、図5に示すような変形光源フィルター(8C)を用いるようにし、図3のフィルター(8A)に比べてより外側の2次光源を透過させるようにする。一方、縦、横方向パターンのピッチが粗くなる場合には、図4に示すような変形光源フィルター(8B)を用いるようにし、図3のフィルター(8A)に比べてより内側の2次光源を透過させるようにする。

【0026】ここで、図4に示す変形光源フィルター8Bは第1実施例と同様に、縦方向パターンと横方向パターンとに有効な2次光源が同数となっている。図4の右上部(光透過部に対応)に着目すると、縦方向パターンに有効な2次光源は破線7e内の6個、及び2次光源7Vの計8個であり、横方向パターンに有効な2次光源は破線7e内の6個、及び2次光源7Hの計8個である。このときの光量重心を求めると、その座標位置は(18.0, 18.4)となる。

【0027】また、図5に示す変形光源フィルター8Cは第2実施例によるフィルターの一例である。図5の右上部に着目すると、縦方向パターンに有効な2次光源は破線7e内の6個、及び2次光源7Vの計8個であり、横方向パターンに有効な2次光源は破線7e内6個、及び2次光源7Hの計7個である。すなわち、縦方向パターンと横方向パターンとに有効な2次光源は同数となっていない。さらに図5では、縦方向パターンと横方向パターンのいずれにもあまり有効でない2次光源7Gが1個だけ存在している。しかしながら、図5の右上部での光量重心を求めると、その座標位置は(20.4, 19.2)となる。すなわち、X座標とY座標との絶対値の差がX座標(又はY座標)の一割程度以内となってお

り、光量重心としてはX方向とY方向とでほぼ同等の値となる。従って、種々のピッチのパターンが混在する実レチクルであっても、光量損失及び照度均一性の低下を最小限に抑えつつ、X方向パターンとY方向パターンとの各々に対して実用上ほぼ均等に焦点深度を増大することが可能となる。

【0028】以上の第1、第2実施例では、変形光源フィルターの1つの光透過部に着目すると、X方向パターンとY方向パターンの両方に有効な2次光源（図3～図5では破線7e内の6個）の他に、少なくとも1つの2次光源を選択して使用することで、光量損失及び照度均一性の低下を最小限に抑えるようにした。特に第1実施例では、X方向パターンのみに有効な2次光源とY方向のみに有効な2次光源とが同数となるように2次光源を選択するようにした。一方、第2実施例ではX方向パターンとY方向パターンとに有効な2次光源が同数とならなくても良く、さらにX方向パターンとY方向パターンの両方にあまり有効ではない2次光源を選択しても良い。すなわち、光量重心のX座標（絶対値）とY座標（絶対値）とがほぼ等しくなるように2次光源を選択するようにした。このため、X方向パターンとY方向パターンとの各々の焦点深度がほぼ等しく、かつ十分増大する変形光源を実現することが可能となる。また、X方向パターンとY方向パターンとでその転写像に縦横差が生じることもない。

【0029】ところで、以上の各実施例では変形光源フィルター8をフライアイレンズ7の射出側焦点面に配置したが、その以外、例えばその共役面（レチクルパターンの光学的なフーリエ変換面）近傍に配置しても良い。また、変形光源フィルターをフライアイレンズ7の入射面（レチクルパターンとほぼ共役な面）近傍に配置しても良い。さらに、変形光源フィルターの遮光部（8A等）を減光部としても良い。尚、変形光源フィルターを液晶表示素子やエレクトロクロミック素子等を用いた可変絞りとしても構わない。

【0030】また、図1の装置では1組のフライアイレンズのみを配置していたが、例えば特開昭63-66553号公報に開示されているように2組のフライアイレンズを直列配置しても良い。この場合、本発明による変形光源フィルターは、1段目（光源側）のフライアイレンズ、又は2段目（レチクル側）のフライアイレンズの

入射側面、あるいは射出側面のいずれに配置しても良い。尚、2段目のフライアイレンズの射出側面近傍に変形光源フィルターを配置するときは、各レンズエレメントの射出面に形成される複数（1段目のフライアイレンズのレンズエレメントの本数に対応）の3次光源を、先の実施例と全く同様にエレメント単位で遮光（又は減光）することになる。

【0031】さらに、以上の各実施例ではフライアイレンズの外形を規定する遮光部（外形絞り）を示していなかったが、迷光の遮光等のために当該遮光部を設けても良い。このとき、遮光部はそのエッジ部がレンズエレメントの配列に倣うように形成すると良い。また、この遮光部によって2次光源のいくつかを遮光するようにしても構わない。尚、図1に示した投影露光装置の露光用光源1は水銀ランプ以外、例えばエキシマレーザ、金属蒸気レーザやYAGレーザ等の高調波、X線等を用いても構わない。

【0032】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、変形光源フィルターの形状をフライアイ型インテグレータのレンズエレメントの配列に応じて最適化したので、照明光量の損失や照度均一性の低下等を抑えつつ、縦方向パターンと横方向パターンとの両方の焦点深度をほぼ等しく、かつ共に増大することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による投影露光装置の概略的な構成を示す図。

【図2】図1中のレチクル、及びフライアイレンズの構成を示す図。

【図3】本発明の第1実施例による変形光源フィルターの具体的な構成を示す図。

【図4】図3に示した変形光源フィルターの変形例を示す図。

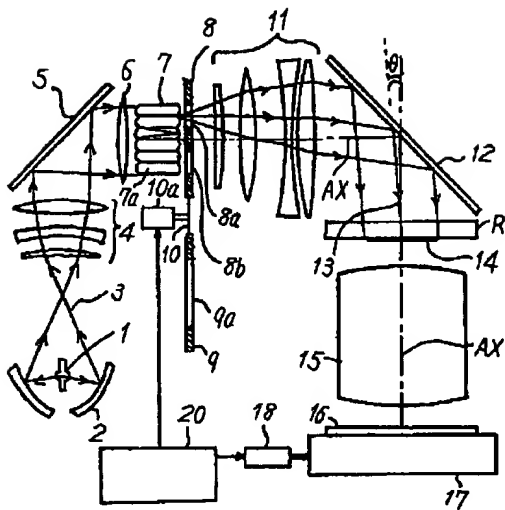
【図5】本発明の第2実施例による変形光源フィルターの具体的な構成を示す図。

【図6】縦方向パターンと横方向パターンとの各々に有効な2次光源を説明する図。

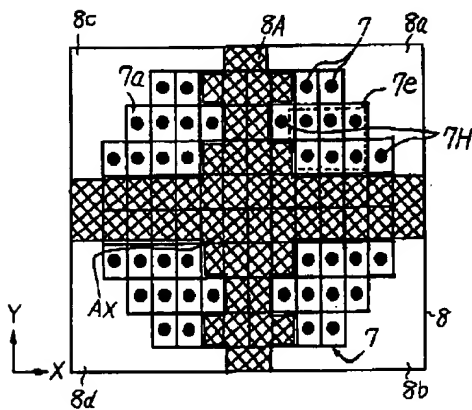
【符号の説明】

7 フライアイレンズ
8 変形光源フィルター
8A～8C 遮光部

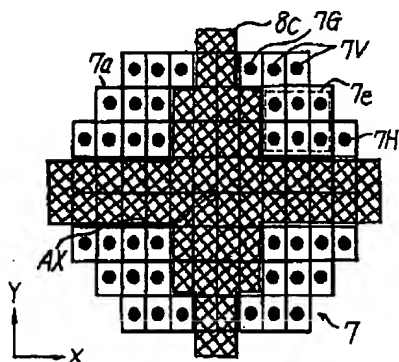
【図1】



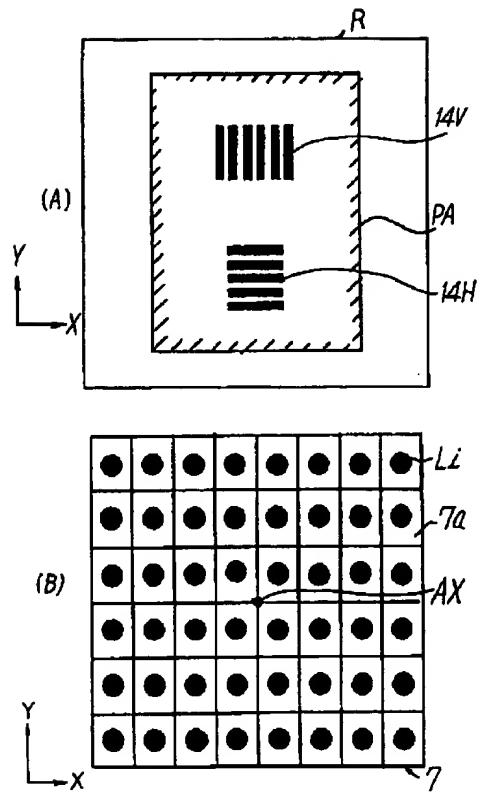
【図3】



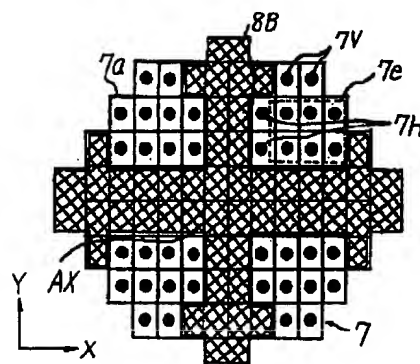
【図5】



【図2】



【図4】



【図6】

